

Base de datos para la gestión informacional del ensayo Xpert MTB/RIF

Database for Informational Performance of Xpert MTB/RIF Assay

Dunia Salazar Fernández^{1*}

[0000-0002-8352-1551](tel:0000-0002-8352-1551)

Ernesto Carmenates Ricardo²

[0000-0003-1700-6372](tel:0000-0003-1700-6372)

George Alberto Benítez Pérez³

[0000-0002-3618-2534](tel:0000-0002-3618-2534)

María Rosarys Martínez Romero⁴

[0000-0001-5947-532X](tel:0000-0001-5947-532X)

Marilin Pérez Díaz²

[0009-0003-2230-6246](tel:0009-0003-2230-6246)

¹ Dirección General de Salud de Holguín. Holguín, Cuba.

² Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Holguín, Cuba.

³ Universidad de Ciencias Médicas “Mariana Grajales Coello”. Holguín, Cuba.

⁴ Centro de Investigación, Diagnóstico y Referencia. Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí.

*Autor para la correspondencia: salazarfernandezdunia@gmail.com

RESUMEN

La tuberculosis sigue siendo un reto de salud pública y la gestión de datos del ensayo Xpert MTB/RIF (prueba de amplificación del ácido nucleico totalmente automatizada que emplea un cartucho para diagnosticar la tuberculosis y la resistencia a la rifampicina) en el laboratorio de Holguín se realizaba mediante hojas de cálculo en Excel, con limitaciones en integridad, validación y escalabilidad. El objetivo fue diseñar e implementar una base de datos relacional que superara estas deficiencias. Se aplicó una innovación tecnológica (septiembre 2024–enero 2025) combinando análisis documental, entrevistas al personal de laboratorio y modelado Entidad-Relación, para crear el prototipo “Xpert TBD”. Con Access se definieron entidades (registro, muestras, grupos vulnerables, procedencia, municipios, provincias) y relaciones uno-a-muchos que aseguran integridad referencial. Se desarrollaron formularios de entrada, consultas parametrizadas e informes dinámicos (resúmenes anual, mensual y semanal) con validaciones automáticas, campos calculados y gráficos. Como resultado, la nueva plataforma centralizó más de tres años de datos en un solo archivo, redujo errores de captura, mejoró la capacidad analítica y optimizó los tiempos operativos. Se concluyó que el sistema implementado refuerza la fiabilidad de los registros y facilita la vigilancia epidemiológica, proponiéndose además niveles de acceso jerárquicos para garantizar seguridad y confidencialidad.



Palabras clave: control de la tuberculosis; control de la TB; recuperación de información generada en laboratorios de tuberculosis; gestión de información en laboratorio clínico; vigilancia de salud pública.

ABSTRACT

Tuberculosis remains a public health challenge, and data management for the Xpert MTB/RIF assay (fully automated nucleic acid amplification test using a cartridge to diagnose tuberculosis and rifampicin resistance) was performed in the laboratory of Holguín using Excel spreadsheets with limitations in integrity, validation, and scalability. The objective was to design and implement a relational database that would overcome these shortcomings. A technological innovation was applied (September 2024–January 2025) combining document analysis, laboratory staff interviews, and Entity-Relationship modeling to create the “Xpert TBD” prototype. Entities (record, samples, vulnerable groups, origin, municipalities, provinces) and one-to-many relationships were defined using Access to ensure referential integrity. Input forms, parameterized queries, and dynamic reports (annual, monthly, and weekly summaries) were developed with automatic validations, calculated fields, and graphs. As a result, the new platform centralized more than three years of data into a single file, reduced capture errors, improved analytical capacity, and optimized operational times. It was concluded that the implemented system strengthens the reliability of records and facilitates epidemiological surveillance. It also proposes hierarchical access levels to ensure security and confidentiality.

Keywords: tuberculosis control; mycobacterium tuberculosis (MTB) disease; retrieval of information generated in tuberculosis laboratories; clinical laboratory information management; public health surveillance.

Recibido: 10/05/2025

Aprobado: 18/09/2025

Introducción

La tuberculosis (TB) persiste como una amenaza significativa para la salud pública a nivel mundial, manteniéndose como una de las principales causas de mortalidad por enfermedades infecciosas. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido metas ambiciosas a través de su estrategia Fin a la TB, buscando reducciones sustanciales en la incidencia y mortalidad de la enfermedad. Ante este panorama, se vuelve imperativo la innovación que permita acelerar el avance hacia la consecución de estos objetivos, especialmente en el ámbito del diagnóstico y la gestión de la información. Las limitaciones inherentes a los métodos de diagnóstico tradicionales, como la microscopía de esputo, subrayan la urgencia de implementar enfoques más eficaces y rápidos.⁽¹⁻³⁾



Este documento está bajo [Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) desempeñan un papel cada vez más trascendental en la modernización de los sistemas de salud. Su impacto abarca diversos aspectos de la atención médica, incluyendo el diagnóstico, la adherencia al tratamiento, la vigilancia y la gestión de programas. Organizaciones globales como la OMS han reconocido la importancia de la salud digital, impulsando iniciativas como la Estrategia Mundial sobre Salud Digital 2020-2025. En particular, la aplicación de las TIC en los laboratorios ha cobrado especial relevancia, dada la creciente necesidad de una gestión eficiente de los datos generados por las tecnologías diagnósticas avanzadas. Las TIC facilitan la transmisión de datos en tiempo real, mejoran la calidad de la información y fortalecen la vigilancia de enfermedades. La Estrategia Mundial sobre Salud Digital 2020-2025 de la OMS establece un marco y principios rectores para la institucionalización de la salud digital dentro de los sistemas nacionales, lo que refleja un consenso global sobre la importancia de aprovechar la tecnología para fortalecer la atención médica. Este respaldo de la OMS proporciona un fuerte impulso para que los países inviertan e implementen las TIC en diversos ámbitos de la salud, incluyendo los laboratorios de tuberculosis. ⁽¹⁻⁵⁾

La creciente adopción de herramientas diagnósticas avanzadas ha generado un aumento significativo en el volumen y la complejidad de los datos producidos en los laboratorios de tuberculosis contemporáneos. Ejemplos de estas tecnologías incluyen pruebas moleculares como GeneXpert MTB/RIF, Xpert Ultra, Truenat y los ensayos de sonda lineal (LPA por sus siglas en inglés), que generan información genética detallada y sobre la resistencia a los medicamentos. Asimismo, el uso cada vez mayor de tecnologías de imagen digital, como las radiografías de tórax digitales y los sistemas de detección asistida por computadora (CAD), producen grandes conjuntos de imágenes.

La transición hacia diagnósticos moleculares e imágenes digitales en los laboratorios de TB representa un avance hacia enfoques diagnósticos más precisos y ricos en datos. Este cambio requiere sistemas eficaces de gestión capaces de manejar diversos tipos y grandes volúmenes de datos. La potencial integración de la secuenciación del genoma completo para la vigilancia rutinaria de la TB podría revolucionar nuestra comprensión de la dinámica de transmisión de la TB y los patrones de resistencia a los medicamentos. Sin embargo, también presenta desafíos significativos en términos de almacenamiento, procesamiento y análisis de datos, lo que requiere sustanciales recursos computacionales y experiencia. ^(2,3,6,7)

Las bases de datos desempeñan un papel fundamental en la organización, el almacenamiento y la recuperación de la diversa información generada y utilizada en los laboratorios de tuberculosis. Estas facilitan la gestión de datos demográficos de pacientes, historial clínico, resultados de pruebas de laboratorio (incluidos hallazgos bacteriológicos, moleculares y radiológicos), regímenes de tratamiento y resultados.

Las bases de datos son esenciales para rastrear los patrones de resistencia a los medicamentos, información crucial para estrategias de tratamiento eficaces y vigilancia de la salud pública. También se utilizan en la gestión de flujos de trabajo de laboratorio, inventario de reactivos y consumibles, y datos de control de calidad. La implementación de sistemas de bases de datos robustos puede transformar los laboratorios de TB de meras instalaciones de pruebas, en nodos cruciales para generar inteligencia procesable



para los programas de control de la TB a nivel local, regional y nacional. Las bases de datos bien organizadas permiten la recopilación y el análisis sistemático de los datos de laboratorio, proporcionando información valiosa sobre la prevalencia de la enfermedad, las tendencias de resistencia a los medicamentos y los resultados del tratamiento. Esta información puede utilizarse para fundamentar las intervenciones de salud pública y mejorar la eficacia de los esfuerzos de control de la TB. ^{(5),(8-10)}

En el contexto específico del laboratorio de tuberculosis de Holguín, la gestión de datos del ensayo Xpert MTB/RIF (prueba de amplificación del ácido nucleico totalmente automatizada que emplea un cartucho para diagnosticar la tuberculosis y la resistencia a la rifampicina), se realiza principalmente a través de hojas de cálculo en Excel. Este método, si bien simple y accesible, presenta limitaciones significativas para la gestión eficiente de la información de laboratorio a largo plazo. La introducción manual de datos incrementa el riesgo de errores, y la ausencia de campos específicos, como la fecha de nacimiento, dificulta análisis cruciales como la edad del paciente. La validación limitada de columnas, como el "grupo vulnerable", restringe la capacidad de registrar la pertenencia de un paciente a múltiples categorías, lo que compromete la riqueza de la información recopilada. Además, la estructura fija de las hojas de cálculo dificulta la creación de informes personalizados y segmentados, esenciales para una comprensión profunda de las tendencias y patrones de la enfermedad. El crecimiento progresivo de los datos conlleva, en hojas de cálculo, problemas de rendimiento, ralentizando el procesamiento y la búsqueda de información, lo que obliga a la creación de nuevas bases de datos anuales, una tarea tediosa y susceptible a errores.

La falta de controles automáticos y de un sistema relacional, también aumenta el riesgo de duplicidad de datos y dificulta la escalabilidad del sistema a medida que el volumen de información se expande. Estas limitaciones evidencian la necesidad de una solución más robusta y flexible para la gestión de la información en el laboratorio de tuberculosis. ⁽¹¹⁾

Ante las deficiencias inherentes al uso de hojas de cálculo para la gestión de datos complejos en laboratorios de tuberculosis, se planteó la implementación en un sistema de gestión de bases de datos, como alternativa superadora. MS Access, ofrece una estructura relacional que permite evitar la redundancia y facilitar la integridad de la información. Su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos sin comprometer el rendimiento, lo convierte en una herramienta más adecuada para laboratorios con un flujo constante de información; facilita la creación de formularios personalizados para la entrada de datos, lo que puede reducir significativamente los errores asociados con la introducción manual en hojas de cálculo.

Asimismo, permite la definición de tipos de datos y reglas de validación para asegurar la calidad y coherencia de la información registrada. La funcionalidad de consultas y la generación de informes personalizados ofrecen una mayor flexibilidad para el análisis y obtención de información relevante para la toma de decisiones. Si bien MS Access presenta ciertas limitaciones en comparación con sistemas dedicados de gestión de información de laboratorios (LIMS por sus siglas en inglés), su interfaz amigable y su



potencial para crear bases de datos adaptadas a las necesidades específicas del laboratorio lo convierten en una opción valiosa en casos de limitación de recursos.⁽¹²⁻¹⁵⁾

El presente trabajo se enfoca en la creación de una base de datos diseñada específicamente para la gestión de la información generada en el laboratorio de tuberculosis de Holguín durante el procesamiento del ensayo Xpert MTB/RIF. La implementación de una base de datos relacional en MS Access se presenta como una solución viable, aprovechando las funcionalidades del software para organizar, almacenar y analizar la información de manera más efectiva.

Material y método

Se realizó una investigación de innovación tecnológica en el periodo de septiembre de 2024 a enero de 2025 en el Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología (CPHEM) de Holguín, para diseñar una base de datos que permitiera optimizar la gestión informacional del ensayo Xpert MTB/RIF.

En correspondencia con el análisis documental, se recogieron bibliografías relacionadas con la confección de bases de datos y se extrajeron las ideas claves de estas fuentes. Se entrevistó a personal del laboratorio de tuberculosis provincial del Holguín (que opera en el Centro provincial de epidemiología y microbiología) para investigar el entorno que manipula la información de la base de datos actual.

Se modeló un universo de discurso, representado por objetos y funciones reales a través de la metodología Entidad-Relación. Se utilizó el software Microsoft Access del paquete ofimático Microsoft Office 2010 para la creación de dicha base de datos.

Resultados

El análisis de revisiones bibliográficas y la entrevista permitieron identificar la necesidad de optimizar la gestión informacional del ensayo Xpert MTB/RIF del laboratorio de tuberculosis del CPHEM de Holguín: el problema se basa en que una hoja de cálculos de MS Excel, aunque versátil y de fácil manejo, debido a su estructura lineal y limitada capacidad para manejar grandes volúmenes de datos, es poco eficiente para el análisis de datos relacionales.⁽¹¹⁾ Agregado a otro conjunto de limitaciones de software.

En la figura 1 los autores ilustran cómo intervienen y se relacionan cada uno de los intermediarios que agregan, recolectan, organizan y procesan los datos en un modelo del universo de discurso con la información que se obtiene a partir del ensayo.



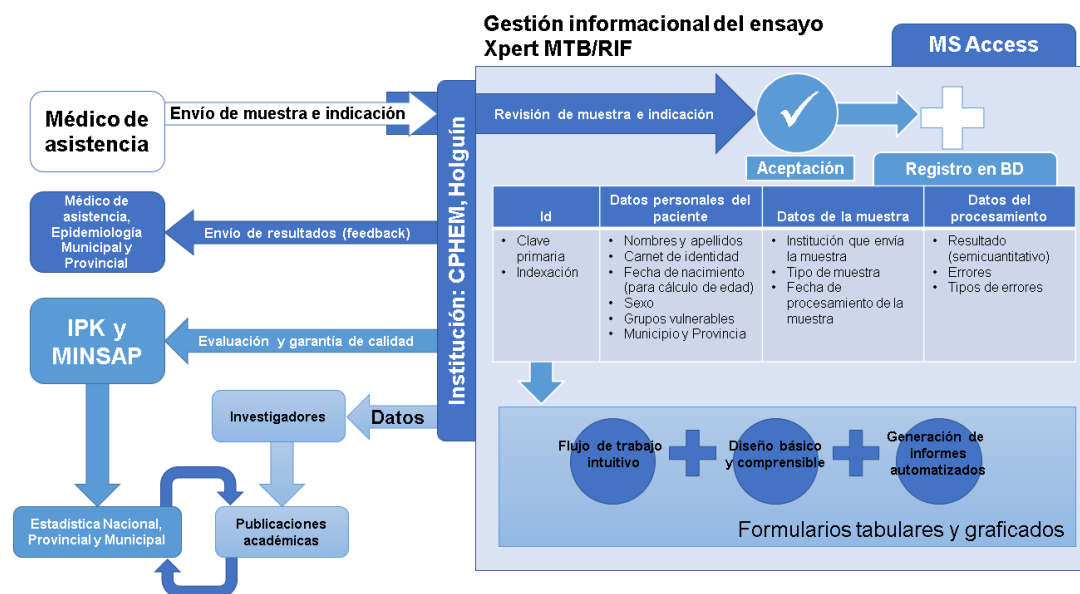


Fig. 1- Modelo del universo de discurso de la base de datos para la gestión informacional del ensayo Xpert MTB/RIF.

Se diseñó una base de datos con metodología Entidad-Relación, la cual se denominó “Xpert TBD”, y su concepción abarcó las etapas de diseño conceptual y diseño lógico.

La conceptualización del diseño culminó con la creación de un esquema entidad-relación (Fig. 2), que representa la estructura de la base de datos para la gestión del ensayo Xpert MTB/RIF. Se definieron las siguientes entidades claves: registro, que almacena información personal del paciente y resultados del ensayo; muestras, que contienen los datos de los tipos de muestras; grupos vulnerables, que guarda detalles sobre los grupos vulnerables; procedencia, que registra la institución que remite la muestra; municipios y provincias, que almacenan los datos correspondientes al territorio del paciente.

Se estableció la relación de uno a muchos entre el registro y grupos vulnerables, que permite la selección de múltiples grupos vulnerables para cada registro del ensayo. De igual forma, se definieron relaciones de uno a muchos entre procedencia y registro, municipio y registro, y municipio y provincia, reflejando las dependencias geográficas y de origen en los datos del ensayo (Fig.3). Se definieron los atributos claves en cada entidad mediante una llave primaria, que posibilitan la identificación única de cada registro y la recopilación de la información necesaria para cada análisis y seguimiento del ensayo.



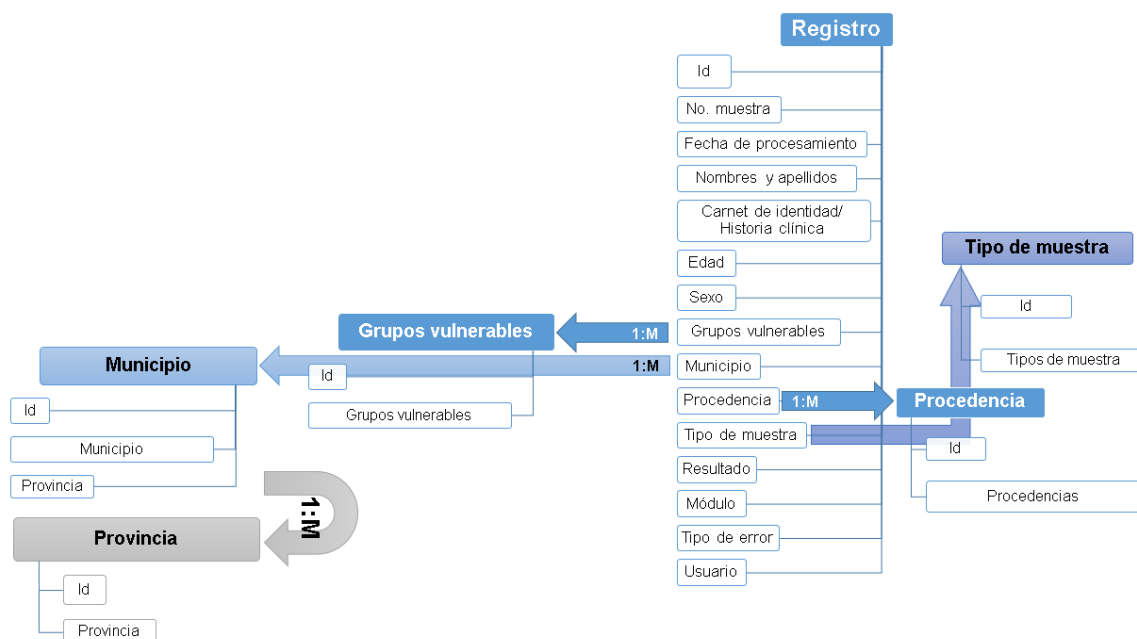


Fig. 2- Diagrama entidad-relación de la base de datos "Xpert TBD".

Con auxilio de MS Access se exportó el diagrama entidad-relación en tablas y consultas en lenguaje de programación SQL. Así se facilitaron las creaciones de formularios de registros e informes tabulares y graficados, además del empleo de lenguaje de programación VBA para determinados eventos.

Como resultado preliminar, se obtuvo una base de datos versátil integrada por tablas, consultas y formularios relacionados que regulan el registro y el informe. En primer lugar, la inserción de datos se definió en un formulario. En comparación con el sistema anterior (MS Excel) de gestión de la información de los resultados del ensayo Xpert MTB/RIF, que no permite la modificación de su estructura, resalta la importancia de MS Access en la creación de una interfaz controlada (Fig. 4), que agrega validación automática y relaciones entre tablas, en las que ningún usuario puede alterar las propiedades de los campos ni del formulario. Esto minimiza los errores y garantiza la uniformidad de las variables.



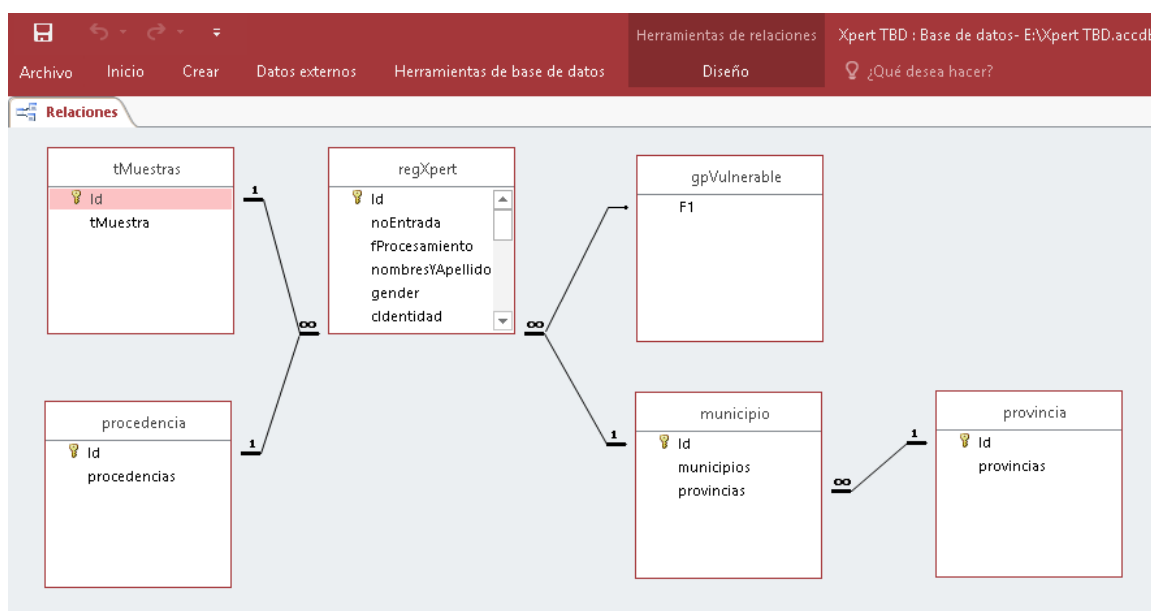


Fig. 3- Modelo de relaciones en MS Access de la base de datos "Xpert TBD".

Además, se agregaron las variables sexo, fecha de nacimiento del paciente (referenciada por el carnet de identidad) y edad. El campo de edad es un campo calculado a partir de la diferencia entre la fecha de procesamiento de la muestra (predeterminada por la fecha del computador y modificable) y la fecha de nacimiento del paciente, lo que aporta automaticidad a la inserción de datos. El campo de grupos vulnerables es un campo multivalor, por lo que se pueden seleccionar más de un factor de riesgo según la indicación emitida con la muestra, sin necesidad de agregar más columnas a la tabla. Esto, además, reduce las posibilidades de error y la carga de la base de datos en cuanto a rendimiento.

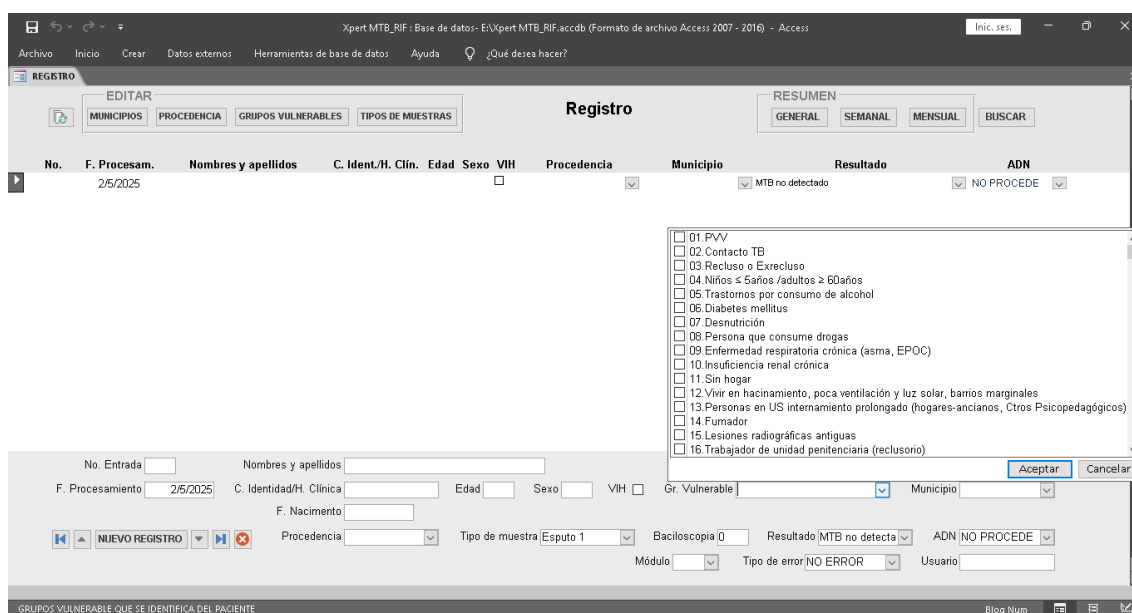


Fig. 4- Formulario de registro.



Otros campos automatizados son los referidos al tipo de muestra, donde está predefinido “Espudo 1”, dado que es lo que se recibe en más del 90 % de las muestras en el laboratorio. También lo son el campo resultado con “MTB No detectado”, ADN con “NO PROCEDE” y tipo de error con “NO ERROR”, ya que son los resultados más prevalentes; aun así, son modificables y seleccionables de una variedad según se ofrece la lista de texto de cada uno de los campos.

Desde una perspectiva informacional, se confeccionaron tres formularios a modo de reporte (anual, mensual y semanal). Para el formulario de resumen anual, se tomó como referencia la fecha del procesador, dado que los datos se deben ingresar si se trabajan las muestras, por lo que se ofrece una vista casi en tiempo real de la información a lo largo del año. En este formulario se aprecia un gráfico lineal que compara el comportamiento mensual de los casos positivos entre el año del procesador y el anterior, como se muestra en la figura siguiente. Le sigue un gráfico anular que representa la totalidad de positivos según provincias, un cuadro que agrupa los datos de edad y sexo, y el total de casos de coinfección de TB/VIH, un esquema piramidal de edad y sexo en torno a los casos positivos, y una gráfica de barras apiladas de los grupos vulnerables. Esta gráfica muestra los grupos vulnerables de casos positivos y negativos, y ofrece una proporción de cuáles son los grupos vulnerables más prevalentes (Fig. 5).

Toda esta información se muestra al cargar el formulario a partir de la generalidad de los registros y del año del procesador, donde no importa desde cuándo se almacenen los datos en la base de datos; esta mostrará la que se encuentra en el computador. Con esto se garantiza que un único archivo acumule los datos, sin necesidad de crear uno nuevo cada año y sin afectar el desempeño en el análisis de los datos.

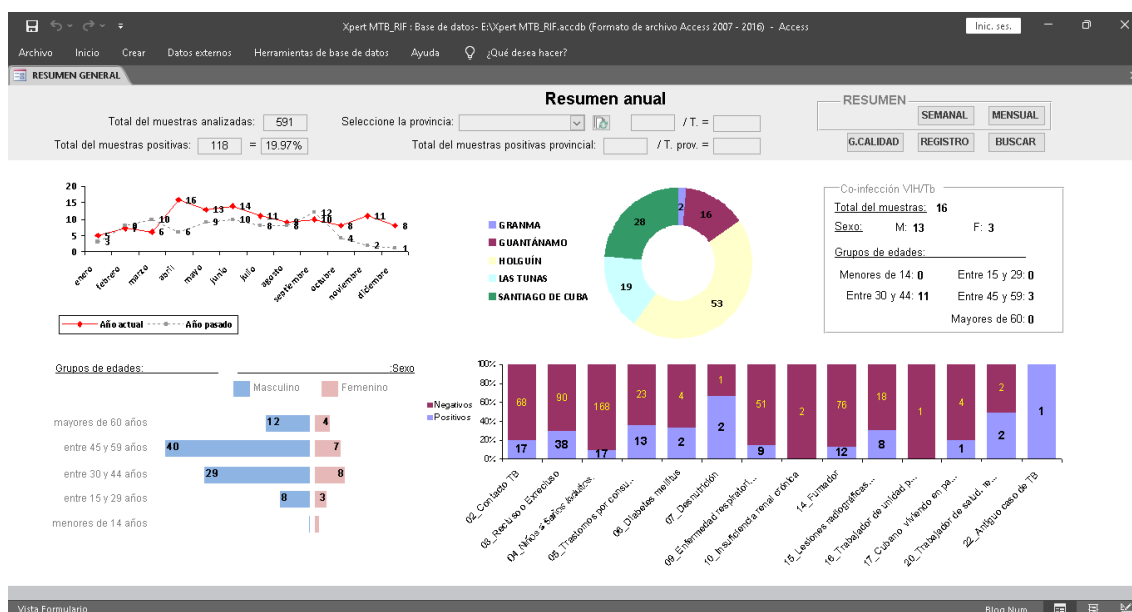


Fig. 5- Formulario de resumen anual.



Por otro lado, la información del resumen anual puede modificarse según el dato que se seleccione en la caja de texto de provincia, lo que ofrece los resultados locales. El gráfico que anteriormente indicaba las provincias, muestra los municipios donde hubo casos positivos ese año.

En esta sección, también se puede acceder a una ventana flotante que ofrece los datos de la garantía de calidad del equipo, midiendo las veces que se produjeron errores, informes sin resultados o resultados invalidados, notificando en qué módulo del equipo, mes y los tipos de errores.

Los formularios de resumen mensual y semanal ordenan la información por meses y semanas, respectivamente. Ambos formularios se presentan en forma de listado con cada uno de los registros correspondientes y, al pie de la ventana, se muestran una serie de gráficos: uno para mostrar las provincias con casos positivos y otro de barras que destaca los grupos vulnerables implicados en el periodo de tiempo. También se evalúa la coinfección TB/VIH en un recuadro como en el resumen anual, solo que de acuerdo al tiempo según el formulario seleccionado.

Esta información está organizada de acuerdo a la última fecha de inserción de datos, y además se han incorporado unos botones de control que permiten navegar hacia delante o hacia atrás en meses o semanas, según convenga. Asimismo, hay un cuadro de texto para seleccionar provincia, cuya información (en el formulario) se modifica en torno a la provincia seleccionada.

Por último, se creó un formulario para búsquedas específicas, donde se incorporaron los campos del registro en los que insertar los datos a buscar. Cada uno de estos campos es opcional.

Discusión

La migración de datos desde MS Excel a MS Access se ejecutó con éxito, evidenciando ventajas clave en términos de eficiencia y uso. Mediante la automatización de procesos, se logró un volcado masivo de registros sin pérdida ni duplicación de información. Al diseñar formularios en Access con listas desplegables y validaciones de datos, se estandarizaron las entradas y se redujo significativamente la tasa de errores de captura.

La arquitectura permitió una transferencia rápida y precisa, en la cual los usuarios apreciaron una interfaz intuitiva; la posibilidad de filtrar y ordenar campos facilitó la agregación y visualización de los registros. Además, la integración de consultas parametrizadas y la creación de informes dinámicos mejoraron la capacidad de análisis y respaldaron la toma de decisiones basada en datos, gracias a la consistencia y trazabilidad garantizadas por la nueva plataforma. La información de al menos 3 años se consolidó en un único documento, cuando anteriormente se administraban en archivos individuales. El manejo de archivos individuales, con anterioridad, dificultaba la realización de análisis longitudinales y aumentaba el riesgo de pérdida o fragmentación de registros. Con la migración a MS Access, se garantizó la integridad de las series temporales, facilitando la detección de tendencias epidemiológicas y la evaluación de intervenciones en periodos prolongados. Esta centralización optimiza el



almacenamiento y la recuperación de información, reduciendo tiempos operativos, lo cual se traduce en un aumento de la calidad de los estudios y en un soporte más sólido para la toma de decisiones de salud pública.

Visto por los potenciales usuarios de dicha base, su implementación fortaleció el flujo de trabajo de los técnicos, licenciados y del médico especialista encargados de la entrada de datos, al ofrecer herramientas de validación que previenen omisiones y errores tipográficos. Estos reportan una disminución notable en el tiempo dedicado a corregir inconsistencias, lo que se traduce en una mayor productividad y en una base de datos más confiable. El acceso a formularios optimizados permite procesos de registro estandarizados que facilitan la capacitación de nuevo personal. Además, la uniformidad de los campos garantiza homogeneidad en los reportes iniciales. La trazabilidad de cada registro asegura la integridad de los datos, fundamental para estudios de laboratorio y validaciones posteriores.

El médico de higiene y epidemiología se beneficia de la gestión centralizada de la información, ya que la base de datos facilita la consolidación de reportes a nivel local y nacional (en perspectiva de futura implementación nacional). Los módulos de exportación permitirían enlazar datos con sistemas de vigilancia epidemiológica externos, mejorando la detección temprana de brotes y la planificación de estrategias de control. La disponibilidad de consultas predefinidas reduce la carga de trabajo administrativo y aumenta la precisión de los indicadores sanitarios. Asimismo, la plataforma soporta la generación de estadísticas agregadas, fundamentales para la toma de decisiones de salud pública.

Investigadores y bioanalistas encontrarán en este sistema una fuente sólida de datos para proyectos de análisis avanzado y estudios multicéntricos. La uniformidad en la captura de variables clínicas y de laboratorio promueve la comparabilidad entre diferentes laboratorios. El uso de vistas filtradas y de informes personalizados agiliza la obtención de subconjuntos de datos específicos, facilitando análisis estadísticos y modelación. La facilidad de integración con herramientas estadísticas externas, amplía las posibilidades de investigación y publicación de hallazgos.

Los médicos de asistencia, al interactuar con los datos, valoran la inmediatez en la obtención de resultados de pruebas diagnósticas. La interfaz permite la consulta rápida de historiales de pacientes y la identificación de patrones de enfermedad, mejorando la calidad de la atención. La capacidad de generar reportes automáticos apoya la comunicación efectiva entre equipos clínicos y reduce la probabilidad de errores de interpretación. Así, se promueve un enfoque de atención basado en datos actualizados.

Los centros nacionales de referencia podrán aprovechar la base de datos para consolidar información de múltiples laboratorios del país. La plataforma soporta la importación de datos de rutina y la comparación entre regiones geográficas, lo que fortalece las actividades de control nacional de tuberculosis. Gracias a los informes dinámicos, es posible realizar análisis de tendencias y mapear focos de resistencia, contribuyendo a políticas de salud más efectivas. La consistencia de los registros respalda auditorías y procesos de acreditación.



La experiencia general de los usuarios pone de manifiesto una curva de aprendizaje reducida, atribuible a la familiaridad con la interfaz de Microsoft y a la implementación de ayudas visuales en formularios. Esto favorece la adopción institucional y minimiza la resistencia al cambio. Además, el bajo costo de licenciamiento y la disponibilidad de soporte técnico local constituyen factores determinantes para su sostenibilidad a largo plazo.

Finalmente, el sistema demostró robustez ante cargas variables de trabajo, soportando tanto procesos de entrada masiva de datos como consultas simultáneas de múltiples usuarios. La escalabilidad de la solución permite planificar futuras ampliaciones sin comprometer el rendimiento.

Como recomendación, para optimizar la seguridad y confidencialidad de la base de datos en los laboratorios de tuberculosis de Cuba, se propone implementar un esquema de niveles de acceso jerarquizados. En primer lugar, el rol de administrador dispondría de privilegios totales para gestión de usuarios, configuración de esquemas y mantenimiento de respaldos. En segundo lugar, el rol de moderador contaría con permisos para revisar, editar y aprobar registros, asegurando la calidad del dato sin afectar la configuración general. Por último, el rol de invitado estaría limitado a la consulta de informes con fines investigativos, sin posibilidad de modificación, garantizando así la privacidad y el cumplimiento de normativas.

Conclusiones

Se evidenció que el diseño implementado centraliza información fragmentada y refuerza la integridad de los registros, al tiempo que agiliza el ingreso de datos mediante formularios estandarizados con validaciones y listas desplegables. La incorporación de consultas parametrizadas e informes dinámicos potencia el análisis de patrones y respalda la toma de decisiones clínicas y epidemiológicas. La consolidación de más de tres años de datos en un único repositorio facilita la vigilancia sanitaria y la generación de reportes locales. Asimismo, la trazabilidad y escalabilidad del sistema demuestran su adaptabilidad a distintos perfiles de usuario: técnicos, microbiólogos y epidemiólogos. La implementación de niveles jerárquicos de acceso garantizaría la privacidad y eficiencia operativa en los laboratorios de tuberculosis.



Referencias

1. de Villiers AK, Osman M, Struchiner CJ, Trajman A, Tumu D, Shah VV, et al. Tuberculosis healthcare service disruptions during the COVID-19 pandemic in Brazil, India and South Africa: A model-based analysis of country-level data. *PLOS Glob Public Health*. 2025;5(1):e0003309.
2. Tobin EH, Tristram D. Tuberculosis Overview [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 [citado 10 mayo 2025]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441916/>
3. Lee Y, Raviglione MC, Flahault A. Use of Digital Technology to Enhance Tuberculosis Control: Scoping Review. *J Med Internet Res*. 2020;22(2):e15727.
4. Borges do Nascimento IJ, Abdulazeem H, Vasanthan LT, Martinez EZ, Zucoloto ML, Østengaard L, et al. Barriers and facilitators to utilizing digital health technologies by healthcare professionals. *NPJ Digit Med*. 2023;6:161.
5. Mujuni D, Tumwine J, Musisi K, Otim E, Farhat MR, Nabulobi D, et al. Beyond diagnostic connectivity: Leveraging digital health technology for the real-time collection and provision of high-quality actionable data on infectious diseases in Uganda. *PLOS Digit Health*. 2024;3(8):e0000566.
6. MacLean E, Kohli M, Weber SF, Suresh A, Schumacher SG, Denking CM, et al. Advances in Molecular Diagnosis of Tuberculosis. *J Clin Microbiol*. 2020;58(10):e01582-19.
7. Taaffe J, Croda J, Moultrie H, Silva DS, Rosenthal A, Farhat M. Advancing TB research using digitized programmatic data. *Int J Tuberc Lung Dis*. 2021;25(11):890-5.
8. Olowoyo KS, Esan DT, Olowoyo P, Oyinloye BE, Fawole IO, Aderibigbe S, et al. Treatment Adherence and Outcomes in Patients with Tuberculosis Treated with Telemedicine: A Scoping Review. *Trop Med Infect Dis*. 2025;10(3):78.
9. World Health Organization. Digital resources for tuberculosis [Internet]. Geneva: WHO; 2025 [citado 10 mayo 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/tools/digital-resources-for-tuberculosis>
10. Gadicherla S, Krishnappa L, Madhuri B, Mitra SG, Ramaprasad A, Seevan R, et al. Envisioning a learning surveillance system for tuberculosis. *PLOS ONE*. 2020;15(12):e0243610.
11. Fernández DS, Benites GAP, Ricardo EC, Guerrero JLP. Mejorando la gestión de información en el laboratorio de tuberculosis de Holguín. *Cuba. Rev Cuba Informática Médica*. 2025;17(0):810.
12. Lévesque F. The dangers of Excel in 2025 [Internet]. Montreal: Witify; 2025 [citado 10 mayo 2025]. Disponible en: <https://witify.io/en/blog/youre-not-the-problem-excel-is/>
13. Bouchrika I. 20 Best Scientific Data Management Systems for 2025 [Internet]. Minnesota: Research.com; 2025 [citado 10 mayo 2025]. Disponible en: <https://research.com/software/best-scientific-data-management-systems>
14. Spreadsheets vs. LIMS: Why Labs Should Transition to a Cloud-Based LIMS [Internet]. San Francisco: freelims.org;2024 [citado 10 mayo 2025]. Disponible en: <https://freelims.org/spreadsheets-vs-lims-why-labs-should-transition-to-a-cloud-based-lims/>



15. Jones R. What is Microsoft Access? Uses, Features, & Benefits in 2025 [Internet]. New York: NetCom Learning; 2025 [citado 10 mayo 2025]. Disponible en: <https://www.netcomlearning.com/blog/what-is-microsoft-access-a-complete-guide-guide>

Declaración de conflictos de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Declaración de autoría

Ernesto Carmenates Ricardo: Conceptualización, Investigación, Metodología, Software, Visualización, Redacción – borrador original.

Dunia Salazar Fernández: Curación de datos, Investigación, Software, Supervisión, Visualización, Redacción – borrador original.

George Benites Pérez: Investigación, Metodología, Supervisión, Validación.

María Rosarys Martínez Romero: Investigación, Supervisión, Validación.

Marilin Pérez Díaz: Investigación.



Este documento está bajo [Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)